

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Шевчук Богдан Тарасович

УДК 612.171.1:519.87

**ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ДЛЯ ЗАДАЧІ
ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ ТРИВОЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ІШЕМІЧНОЇ
ХВОРОБИ СЕРЦЯ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук,
професор кафедри біотехнічних систем
Яворський Богдан Іванович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри радіотехнічних систем
Дедів Ірина Юріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 23 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (2011 р.), ішемічна хвороба серця (ІХС) набуває значного поширення в порівнянні з іншими причинами смертності від захворювань в Україні. Тому, важливим завданням сучасної медицини є завчасна діагностика проявів ІХС на ранніх етапах їх виникнення та розвитку.

З цією метою є розроблені електронні автоматизовані системи тривожної сигналізації. Ці системи проводять виявлення настання епізодів ІХС шляхом належного опрацювання електрокардіосигналу (ЕКС) (як основного джерела інформації про роботу серцево-судинної системи та серця зокрема) та формування сигналів тривоги задля попередження хворого про можливість настання критичного стану і необхідність вживання певних дій (приймання ліків, усунення зовнішніх провокуючих факторів тощо). Необхідність таких пристроїв обумовлена тим, що епізоди ішемії можуть виникати без явно вираженого провокуючого фактора, без зміни частоти серцевих скорочень і не супроводжуватися больовими відчуттями на початковій стадії. Поширені в медицині пристрої виявлення ІХС, як, наприклад, кардіографічний комплекс «Кардіосенс» (Україна), функціонально являють собою пристрій відбору, попереднього опрацювання та програмні засоби опрацювання ЕКС і виділення інформативних ознак, які були б індикаторами появи епізодів ІХС. При цьому, згадані програмні засоби використовують алгоритми опрацювання ЕКС, які ґрунтуються на аналізі його часової структури. Зокрема, опрацювання ЕКС проводиться на сегменті ST, оскільки на цьому сегменті найбільш виражено проявляється ІХС, а саме у вигляді нехарактерного для окремої реалізації ЕКС різкого збільшення або зменшення амплітуди сегменту, виникнення злому чи додаткових піків. Однак, помилкове формування сигналу тривоги при відсутності епізоду ішемії є значним психотравмуючим фактором і може стати каталізатором появи інших медичних ускладнень. Власне помилки формування сигналу тривоги можуть виникати внаслідок збоїв в роботі апаратної частини системи та недосконалістю методів опрацювання ЕКС.

Для тестування апаратної частини та програмного забезпечення сучасних систем тривожної сигналізації ІХС необхідно мати тестові сигнали ЕКС із наперед відомими параметрами для станів медичної норми та патології (епізод ішемії). Відповідно актуальною є задача розроблення імітаційної моделі сигналів ЕКС, яка б враховувала часові та частотні параметри реальних сигналів ЕКС, давала б можливість імітації сигналів з елементами патологічних станів (ІХС) для тестування систем тривожної сигналізації ІХС.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є побудова імітаційної моделі електрокардіосигналу для потреб тестування алгоритмів роботи систем тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз літературних джерел за тематикою дослідження та обґрунтувати актуальність обраної теми.
2. Провести огляд відомих систем тривожної сигналізації з метою

обґрунтування необхідності їхнього тестування.

3. Провести аналіз структури електрокардіографічного сигналу з метою виділення характеристик, що характеризують прояви ішемічної хвороби серця та які повинні включати у своїй структурі імітаційна модель

4. Провести аналіз способів математичного опису електрокардіографічного сигналу, які межать в основі роботи програмного забезпечення систем тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця, для уточнення вимог до імітаційної моделі;

5. Розробити імітаційну модель та провести комп'ютерне імітаційне моделювання електрокардіосигналу для стану медичної норми та патології (наявність епізоду ішемії).

Об'єктом дослідження є процес комп'ютерного імітаційного моделювання електрокардіографічного сигналу для задачі тестування системи тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця.

Предметом дослідження є імітаційна модель електрокардіографічного сигналу.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено комп'ютерну імітаційну модель електрокардіографічного сигналу у вигляді суміші синусоїд з експоненційним зниканням на характерних часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд та їх тривалостей, яка дає змогу за відомими медичними параметрами моделювати такого роду сигнали в стані медичної норми та патології (наявність епізодів ішемії).

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані при розробленні засобів тестування систем тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця.

Апробація результатів дипломної роботи магістра. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на XX науковій конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017 рік.

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 100 сторінках, списку використаних джерел з 22 назв на 2 сторінках, додатків на 4 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 107 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У першому розділі «Аналіз стану проблеми діагностування ішемічної хвороби серця» показано, що аналіз сучасних пристроїв моніторингу кардіосигналу і попередження хворого ІХС про розвиток епізоду ішемії показав обмежені можливості їх використання в процесі лікування через високий рівень помилкових попереджень, що є потужним психотравмуючим фактором.

Проведено аналіз способів діагностування ІХС та встановлено, що найпростішим та неінвазивним є метод аналізу електрокардіографічних сигналів.

Проаналізовано способи прояву ІХС в структурі електрокардіосигналу і встановлено, що ІХС проявляється у вигляді зміни параметрів сегменту ST. Для опрацювання найкраще використовувати ЕКС, що відібрані у відведенні V6 та III (за Ейнховеном), оскільки в цьому відведенні сегмент ST являє собою практично похилу лінію, за зміною кута нахилу якої відносно ізолінії та виникнення додаткових піків можна діагностувати ІХС.

Для тестування методів опрацювання, оцінювання достовірності результатів опрацювання ЕКС цими методами і, відповідно, алгоритмів та програмного забезпечення систем тривожної сигналізації, необхідно розробити тестові сигнали, які враховували б у своїй структурі особливості норми та патології (настання епізоду ішемії).

Для побудови тестових сигналів необхідним є розроблення ітаційної моделі ЕКС для забезпечення параметричної ідентифікації методу його опрацювання, що використовується в конкретній медичній комп'ютерній системі, з достовірним відтворенням даних.

У другому розділі «Математичне моделювання електрокардіосигналу» проведено встановлено, що ЕКС можна описати як детермінований процес у вигляді періодичного чи майже періодичного коливання, випадковий процес у вигляді стаціонарного випадкового процесу або засобами енергетичної теорії стохастичних сигналів; Адекватна задачам тестування комп'ютерних систем імітаційна модель ЕКС повинна враховувати у своїй структурі характеристики, що визначаються розглянутими моделями, а саме, повторюваність (періодичність чи майже періодичність) та наявність стохастичної складової.

У третьому розділі «Побудова імітаційної моделі» проведено аналіз основних етапів побудови імітаційної моделі ЕКС. Для визначення вихідних параметрів сигналів для побудови моделі необхідно провести реєстрацію ЕКС від пацієнтів.

У четвертому розділі «Імітаційне моделювання електрокардіографічного сигналу» проведено імітацію ЕКС при поданні його як суміші синусоїд з експоненційними зниканнями та випадковою зміною амплітуд та часових тривалостей складових півхвиль ЕКС. Також забезпечено можливість зміни амплітуди та кута нахилу ST комплексу для імітації настання епізодів ішемії.

Проведено імітацію ЕКС та зімітовано його в межах періоду із додаванням випадкової складової до значень часових тривалостей та амплітуд сигналу.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору пакету Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 33489,24 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»

розглянуто правила техніки безпеки при експлуатації кардіодіагностичної системи. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності екологічних проблем, забруднення, що виникають при виготовленні кардіодіагностичних систем, заходи щодо зменшення забруднення довкілля.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи розв'язано актуальну наукову задачу, яка полягає в обґрунтуванні імітаційної моделі електрокардіосигналу для задачі тестування системи тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця. При цьому отримано такі результати:

1. Аналіз сучасних пристроїв моніторингу кардіосигналу і попередження хворого ІХС про розвиток епізоду ішемії показав обмежені можливості їх використання в процесі лікування через високий рівень помилкових попереджень, що є потужним психотравмуючим фактором.

2. Проведено аналіз способів діагностування ІХС та встановлено, що найпростішим та неінвазивним є метод аналізу електрокардіографічних сигналів.

3. Проаналізовано способи прояву ІХС в структурі електрокардіосигналу і встановлено, що ІХС проявляється у вигляді зміни параметрів сегменту ST. Для опрацювання найкраще використовувати ЕКС, що відібрані у відведенні V6 та III (за Ейнховеном), оскільки в цьому відведенні сегмент ST являє собою практично похилу лінію, за зміною кута нахилу якої відносно ізолінії та виникнення додаткових піків можна діагностувати ІХС.

4. Встановлено, що ЕКС можна описати як детермінований процес у вигляді періодичного чи майже періодичного коливання, випадковий процес у вигляді стаціонарного випадкового процесу або засобами енергетичної теорії стохастичних сигналів. Адекватна задачам тестування комп'ютерних систем імітаційна модель ЕКС повинна враховувати у своїй структурі характеристики, що визначаються розглянутими моделями, а саме, повторюваність (періодичність чи майже періодичність) та наявність стохастичної складової зміни амплітуд та часових тривалостей.

5. Розроблено імітаційну модель та проведено імітацію ЕКС при поданні його як суміші синусоїд з експоненційними зниканнями та випадковою зміною амплітуд та часових тривалостей складових півхвиль ЕКС (стаціонарна випадкова послідовність). Також забезпечено можливість зміни амплітуди та кута нахилу ST комплексу для імітації настання епізодів ішемії.

6. Проведено імітацію ЕКС та зімітовано його в межах періоду із додаванням випадкової складової до значень часових тривалостей та амплітуд сигналу. Результати імітації підтвердили узгодження теоретичних та експериментальних даних.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Шевчук Б. Т. Імітаційна модель електрокардіосигналу для задачі тестування систем тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця / Б. Т. Шевчук, І. Ю. Дедів // Матеріали ХХ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 139.

АНОТАЦІЯ

Шевчук Б.Т. Імітаційна модель електрокардіосигналу для задачі тестування системи тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Роботу присвячено розробленню імітаційної моделі електрокардіосигналу для задачі тестування системи тривожної сигналізації ішемічної хвороби серця. Обґрунтовано необхідність розроблення імітаційної моделі. Проведено аналіз відомих математичних моделей електрокардіосигналів та сформульовано вимоги до імітаційної моделі з проявами ішемічної хвороби серця. Розроблено імітаційну модель електрокардіографічного сигналу у вигляді суміші синусоїд з експоненційним затуханням та проявами ішемічної хвороби серця. Результати імітації підтвердили спів падання теоретичних та експериментальних даних.

Ключові слова: ішемія, електрокардіосигнал, імітація.

ABSTRACT

Shevchuk B.T. Imitation model of electrocardiosignal for the task of testing an alarm system for coronary heart disease. - The manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

The work is devoted to the development of the imitation model of the electrocardiosignal for the task of testing an alarm system for coronary heart disease. The necessity of developing an imitation model is substantiated. The analysis of known mathematical models of electrocardiograms has been carried out and requirements for an imitation model with manifestations of coronary heart disease have been formulated. The simulation model of the electrocardiographic signal in the form of a sinusoid blend with exponential fading and manifestations of coronary heart disease is developed. The results of the simulation confirmed the coincidence of theoretical and experimental data.

Key words: ischemia, electrocardiogram, imitation.